

0.5

TD de Thermodynamique
Série n° 2

Exercice n° 1 : (Lundi)

On effectue, de 3 façons différentes, une compression qui amène du N_2 (\approx l'air) de l'état 1 ($P_1 = P_0 \approx 1$ bar, $V_1 = 3V_0$) à l'état 2 ($P_2 = 3P_0$, $V_2 = V_0 \approx 1$ litre).

La première transformation est **isochore** puis **isobare**, la seconde est **isobare** puis **isochore**, la troisième est telle que $P.V = Cte$.

- 1°) Représentez dans le plan $P(V)$ les 3 transformations.
- 2°) Quelles sont les travaux reçus dans les 3 cas ?
- 3°) Quelle transformation choisira-t-on si l'on veut dépenser le moins d'énergie motrice ?

Exercice n° 2 : (Samedi)

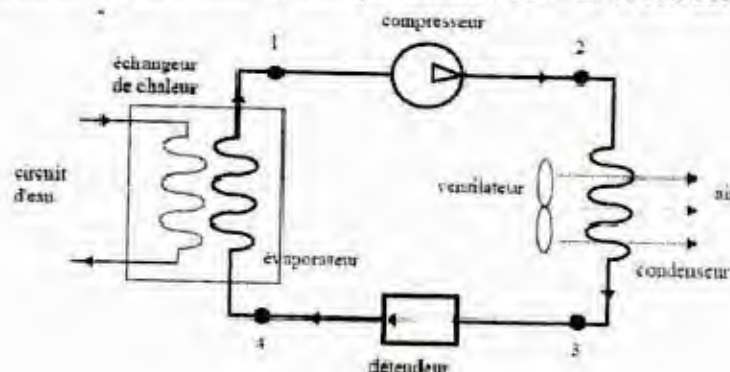
On effectue, de 2 façons différentes, une compression qui amène du N_2 (\approx l'air) de l'état 1 ($P_1 = P_0 \approx 1$ bar, $V_1 = 3V_0$) à l'état 2 ($P_2 = 3P_0$, $V_2 = V_0 \approx 1$ litre).

La première transformation est **isochore** puis **isobare**, la seconde est **isobare** puis **isochore**. On effectue après, une autre transformation en forçant le gaz à revenir à son état initial grâce à une détente **isochore** puis **isobare** de manière à réaliser un cycle.

- 1°) Quel est le travail échangé par le gaz avec l'extérieur ?
- 2°) Est-ce qu'un tel cycle nécessite l'apport d'un travail de l'extérieur pour pouvoir être exécuté ?

Exercice n° 3 : (Lundi)

On effectue l'étude d'un système destiné à réfrigérer de l'eau. Le schéma de principe est donné ci-dessous. Le fluide subissant le cycle thermodynamique est du **fréon**. Le circuit est représenté en trait épais.



1, 2, 3, 4 sont les points du circuit correspondants aux entrées et sorties de chaque élément.

Un ventilateur soufflant de l'air sur le **condenseur** assure le refroidissement du dispositif.

L'**évaporateur** et le **circuit d'eau** sont mis en contact thermique par un **échangeur de chaleur** : La vapeur de fréon sera considérée comme un **gaz parfait**. On désigne respectivement par P et T sa pression et sa température.

Les caractéristiques thermodynamiques du fréon sont les suivantes :

Masse molaire : $M = 121 \text{ g}$, chaleur latente de vaporisation : $L_V = 130 \text{ J.g}^{-1}$ à 310 K , C_p du fréon gazeux = $49,9 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$,

$\gamma = 1,2$, et $R = 8,32 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$.

- ♦ Au point 1 le fréon est totalement gazeux : $P_1 = 1,9.10^5 \text{ Pa}$; $T_1 = 272 \text{ K}$
- ♦ Au point 2 le fréon est totalement gazeux : $P_2 = 8,5.10^5 \text{ Pa}$; T_2
- ♦ Au point 3 le fréon est totalement liquide : $P_3 = P_2$; $T_3 = 310 \text{ K}$
- ♦ Au point 4 le fréon est partiellement gazeux : $P_4 = P_1$; T_4 .

1) La masse de fréon circulant en un point du circuit en une minute est $m = 2,25 \text{ kg}$.

a) En déduire le nombre de moles de fréon passant en un point du circuit en une minute.

b) Quel volume V_1 en litres ces n moles de fréon occupent-elles à l'état gazeux ?

2) On suppose que la transformation réalisée dans le compresseur est **adiabatique réversible**. Calculer le volume V_2 occupé par le fréon. En déduire T_2 .

3) Dans le condenseur, le fréon subit un refroidissement à l'état gazeux de T_2 à T_3 , puis une liquéfaction à la température T_3 .

a) Calculer la quantité de chaleur Q_a échangée par le fréon gazeux, en une minute, lors de son refroidissement de T_2 à T_3 . (Préciser le signe de Q_a)

b) Calculer la quantité de chaleur Q_b échangée par le fréon, en une minute, lors de sa liquéfaction totale. (Préciser le signe de Q_b).

c) En déduire la quantité de chaleur Q_{23} échangée par le fréon, en une minute, dans le condenseur pour son refroidissement et sa liquéfaction.

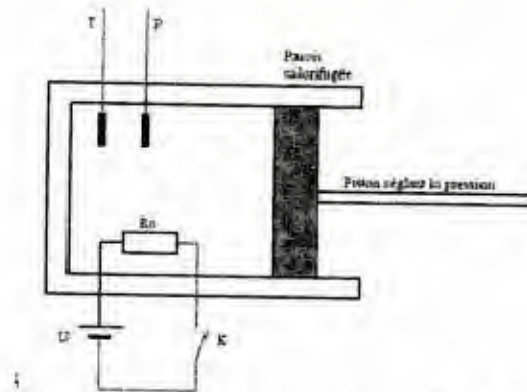
d) Quel est le signe de Q_{23} ? Que représente ce signe ?

4) Dans l'**évaporateur**, la valeur algébrique de quantité de chaleur Q_{41} reçue par le fréon, en une minute, est 240 kJ . En déduire le **débit maximal** de l'eau, si l'on veut abaisser la température de celle-ci de 5°C . On exprimera ce débit en litres par minute (on donne $c_{\text{eau}} = 4180 \text{ J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$)

Exercice n° 4 : (Samedi)

0.3

On considère une enceinte calorifugée dans laquelle l'une des parois est un piston. L'ensemble permet d'isoler n moles d'un gaz assimilé à un gaz parfait. Un thermomètre et un capteur de pression sont montés sur l'enceinte. La pression P dans l'enceinte reste constante. Une résistance chauffante constante $R_0 = 100\Omega$ est disposée à l'intérieur de l'enceinte. Elle est alimentée par un générateur maintenant une tension fixe $U = 20V$.



On donne : à l'instant initial $T_1 = 298\text{ K}$ et $P = 6,2 \cdot 10^5\text{ Pa}$, $R = 8,32\text{ J.mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, et $n = 1$ mole

1) Calculer le volume V_1 occupé initialement par le gaz.

2) On ferme l'interrupteur K pendant une durée $\Delta t = 9\text{ min}$.

a- Calculer l'intensité du courant dans le circuit électrique, et l'énergie calorifique Q obtenue par effet Joule.

On admet que cette énergie Q est intégralement reçue par le gaz dont la température est alors $T_2 = 373\text{ K}$.

b- Déterminer C_p (capacité thermique molaire du gaz à pression constante), et le volume V_2 du gaz.

3) Etude du travail reçu par le gaz :

a- Donner l'expression du travail W reçu par le gaz quand il passe de l'état 1 caractérisé par (P, V_1, T_1) à l'état 2 caractérisé par (P, V_2, T_2) .

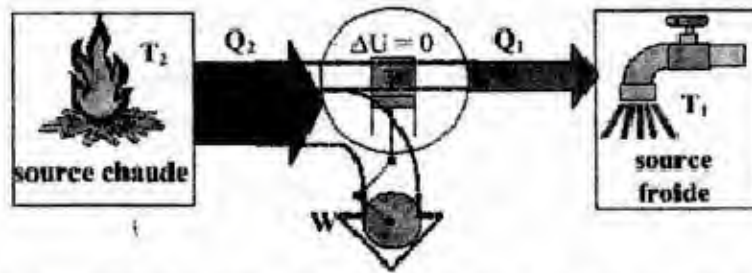
b- Calculer la valeur numérique de W , et préciser si le travail est moteur ou résistant.

c- Calculer la variation d'énergie interne ΔU_{12} du gaz quand il passe de l'état 1 à l'état 2. En déduire C_v .

Problème :

Une mole de gaz parfait subit les transformations réversibles suivantes : $n = 1$

- Etat (1 \rightarrow 2) compression adiabatique $2 \rightarrow 1$
- Etat (2 \rightarrow 3) dilatation à pression constante
- Etat (3 \rightarrow 4) détente adiabatique
- Etat (4 \rightarrow 1) refroidissement à volume constant



Chaque état est défini par la pression P_i , la température T_i et le volume V_i (i variant de 1 à 4).

On appelle γ le rapport des chaleurs molaires C_p/C_v . On définit les rapports $a = V_1/V_2$ et $b = V_4/V_3$.

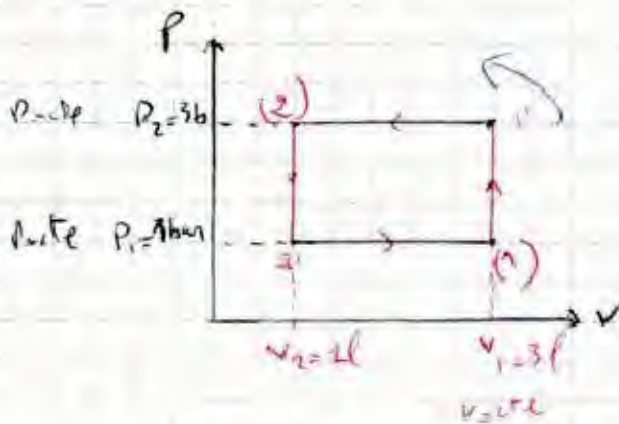
- 1 -- Représenter les transformations du cycle sur un diagramme de Clapeyron (2pts)
- 2 -- Préciser si le cycle est moteur ou récepteur (1pt)
- 3 - Donner les expressions de la pression, du volume et de la température pour les états (2), (3) et (4), en fonction de P_1 , V_1 , T_1 , a et b (4pts)
- 4 - Calculer numériquement ces valeurs (2pts)
- 5 - Calculer les travaux et chaleurs échangés pour toutes les transformations subies. Préciser notamment les sources chaude et froide (2pts)
- 6 - Donner l'expression du rendement η en fonction des travaux et chaleurs échangés (1pt)
- 7 - Calculer numériquement η . (1pt)

Données : $\gamma = 1,4$; $P_1 = 1 \text{ atm}$; $a = 9$; $T_1 = 27^\circ\text{C}$; $b = 3$; $C_v = 20,8 \text{ J/K.mol}$

$$T_1 = 300 \text{ K}$$

SERIE n° 2

Exercice 2



$$W_{\text{totale}} = \underbrace{W_{1 \rightarrow 2}}_0 + W_{2 \rightarrow 3} + \underbrace{W_{3 \rightarrow 4}}_0 + W_{4 \rightarrow 1}$$

$$= W_{1 \rightarrow 2} + W_{2 \rightarrow 3}$$

$$= - \int_1^2 P_2 dV - \int_2^3 P_1 dV$$

$$= -P_2(V_2 - V_1) - P_1(V_1 - V_2) = (P_2 - P_1)(V_1 - V_2)$$

$$= 2 \text{ bar} (2 \text{ l}) = (2 \cdot 10^5 \text{ Pa}) \cdot (2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3) = 400 \text{ J}$$

$$\text{car } (W = - \int P dV \text{ et } V = \text{cte} \Rightarrow dV = 0)$$

$$\begin{aligned} (3V_0 - V_0) \\ 2V_0 \\ 2 \cdot 10^{-1} \end{aligned}$$



$$W_{\text{tot}} = W_{1 \rightarrow 2} + W_{2 \rightarrow 3} + W_{3 \rightarrow 4} + W_{4 \rightarrow 1}$$

$$= -P_2(V_2 - V_1) - P_1(V_1 - V_2)$$

$$= 0$$

② le second cycle peut être exécuté sans apport d'un travail de l'extérieur.

Exercice 4

Selon les données, le gaz est parfait.

$$① \quad P_1 V_1 = n R T_1$$

$$\Rightarrow V_1 = \frac{n R T_1}{P_1} = \frac{1 \cdot 8,32 \cdot 298}{6,2 \cdot 10^5} = 0,0039 \approx 0,004 \text{ m}^3 = 4 \text{ l} = V_2$$

$$② \text{ a) On a } U = R \cdot I$$

$$\Rightarrow I = \frac{U}{R} = \frac{20}{100} = \frac{2}{10} = \frac{1}{5} = 0,2 \text{ A} = I$$

$$E = P \cdot \Delta t = U \cdot I \cdot \Delta t = 20 \times 0,2 \times 9 \times 60$$

$$E = 2160 \text{ J} \quad (\text{La chaleur observée par le gaz} = Q)$$

$$\text{b) } Q = n C_p \Delta T$$

$$C_p = \frac{Q}{n(T_2 - T_1)} = \frac{2160}{1 \cdot (373 - 298)}$$

$$C_p = 28,8$$

• La pression est cte : $\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow V_2 = \frac{T_2 V_1}{T_1}$

$$V_2 = \frac{373 \times 4}{298} \approx 5 \text{ l}$$

③

$$\text{a) } W_{1 \rightarrow 2} = - \int_1^2 P dV = - P dV = - P(V_2 - V_1)$$

$$\text{b) } W_{1 \rightarrow 2} = -6,2 \cdot 10^5 \times 10^{-3} = -6,2 \cdot 10^2 = -620 \text{ J} < 0$$

Donc le travail est résistant.

$$\text{c) } \Delta U_{12} = Q_{12} + W_{12} = 2160 - 620 = 1540 \text{ J}$$

• Pour les gaz parfaits : $\frac{dH}{dT} = \frac{dU}{dT} + nR$

$$\Rightarrow C_p - C_v = nR$$

$$C_v = C_p - nR$$

$$C_v = 28,8 - 8,32 = 20,48 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$$

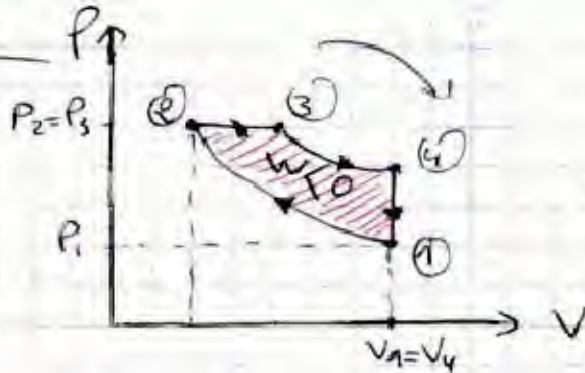
Où bien :

$$\Delta U_{12} = n C_v \Delta T$$

$$C_v = \frac{\Delta U_{12}}{n \Delta T}$$

Problème

(1)



- 1 → 2 $P \uparrow V \downarrow$
- 2 → 3 $P = \text{cte } V \uparrow$
- 3 → 4 $P \downarrow V \uparrow$
- 4 → 1 $V = \text{cte } P \downarrow$

(2) Le cycle a un sens inverse du sens trigonométrique

⇒ $W < 0$ ⇒ Cycle est moteur.

(3) * 1 → 2 : Compression adiabatique.

$$P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma \Leftrightarrow P_2 = P_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^\gamma \Leftrightarrow \boxed{P_2 = a^\gamma P_1}$$

$$\text{On a : } a = \frac{V_1}{V_2} \Leftrightarrow \boxed{V_2 = \frac{V_1}{a}}$$

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1} \Leftrightarrow T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} \Leftrightarrow \boxed{T_2 = T_1 a^{\gamma-1}}$$

* 2 → 3 : dilatation à pression constante.

$$P = \text{cte} \quad \boxed{P_3 = P_2 = a^\gamma P_1}$$

$$b = \frac{V_4}{V_3} = \frac{V_1}{V_2} \Leftrightarrow \boxed{V_3 = \frac{V_1}{b}}$$

$$P = \text{cte} \Leftrightarrow \frac{T}{V} = \text{cte} \Leftrightarrow \frac{T_2}{V_2} = \frac{T_3}{V_3} \Leftrightarrow T_3 = \frac{T_2 \cdot V_3}{V_2}$$

$$\Leftrightarrow T_3 = \frac{T_1 a^{\gamma-1} \cdot a \cdot \frac{V_1}{b}}{\frac{V_1}{a}} = \frac{a^\gamma T_1}{b} \Leftrightarrow \boxed{T_3 = \frac{a^\gamma T_1}{b}}$$

* 3 → 4 : Détente adiabatique

$$P_3 V_3^\gamma = P_4 V_4^\gamma \Leftrightarrow P_4 = \left(\frac{V_3}{V_4} \right)^\gamma \cdot P_3 \Leftrightarrow \boxed{P_4 = \left(\frac{a}{b} \right)^\gamma P_1}$$

$$T_3 V_3^{\gamma-1} = T_4 V_4^{\gamma-1} \Leftrightarrow T_4 = T_3 \left(\frac{V_3}{V_4} \right)^{\gamma-1}$$

$$T_4 = \frac{a^\gamma T_1}{b} \cdot \frac{1}{b^{\gamma-1}} \Leftrightarrow \boxed{T_4 = \left(\frac{a}{b} \right)^\gamma T_1}$$

ou bien

* 4 → 1 : Refroidissement à volume constant.

$$V = \text{cte} \Rightarrow \frac{T}{P} = \text{cte} \Leftrightarrow \frac{T_4}{P_4} = \frac{T_1}{P_1} \Leftrightarrow T_4 = \frac{T_1}{P_1} \cdot P_4$$

$$T_4 = \frac{T_1}{P_1} \left(\frac{a}{b} \right)^\gamma \cdot P_1 \Leftrightarrow \boxed{T_4 = \left(\frac{a}{b} \right)^\gamma T_1}$$

$$\text{On a } \boxed{V_4 = V_1}$$

$$(4) \cdot P_1 = 1 \text{ atm} = 10^5 \cdot 1,01325 \text{ Pa}$$

$$P_2 = \alpha^8 P_1 = 9^{1,4} \cdot 1,013 \cdot 10^5 = 22 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$P_3 = P_2$$

$$P_4 = P_1 \left(\frac{a}{b}\right)^8 = 1,01325 \cdot 10^5 \times 3^{1,4} = 4,71 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$\cdot \text{On a } P_1 V_1 = n R T_1$$

$$V_1 = \frac{n R T_1}{P_1} = \frac{8,32 \times 300}{1,01325 \cdot 10^5} = 0,024 \text{ m}^3 = V_4$$

$$V_2 = \frac{V_1}{\alpha} = \frac{0,024}{9} = 0,002 \text{ m}^3$$

$$V_3 = \frac{V_1}{b} = \frac{0,024}{3} = 0,008 \text{ m}^3$$

$$V_4 = V_1$$

$$\cdot T_1 = 300 \text{ K}$$

$$T_2 = T_1 \alpha^{8-1} = 300 \cdot 9^{1,4-1} = 300 \cdot 9^{0,4} = 722,46 \text{ K}$$

$$T_3 = \frac{\alpha^8 T_1}{b} = \frac{9^{1,4} \cdot 3 \cdot 100}{3} = 2167,4 \text{ K}$$

$$T_4 = \left(\frac{a}{b}\right)^8 T_1 = 3^{1,4} \cdot 300 = 1396,66 \text{ K}$$

$$(5) \cdot 1 \rightarrow 2 : \underline{Q_{12} = 0}, W_{12} = \Delta U_{12} = n C_v \Delta T$$

$$= n C_v (T_2 - T_1)$$

$$= \underline{8787 \text{ J}}$$

$$\cdot 2 \rightarrow 3 : Q_{23} = n C_p \Delta T = n C_p (T_3 - T_2) = n \cdot 8 C_v (T_3 - T_2)$$

$$(C_p = 8 \cdot C_v) = 1,4 \times 20,8 (1445)$$

$$Q_{23} = 42076 \text{ J} = \underline{42 \text{ KJ}}$$

$$(P_2 = P_3) \cdot W_{23} = -P_2 \Delta V = -P_2 (V_3 - V_2) = -22 \cdot 10^5 (0,006)$$

$$= -13200 \text{ J} = \underline{-13,2 \text{ KJ}}$$

$$\cdot 3 \rightarrow 4 : \underline{Q_{34} = 0}$$

$$W_{34} = \Delta U_{34} = n C_v \Delta T = 20,8 (T_4 - T_3)$$

$$= 20,8 (-77074) = \underline{-16,1 \text{ KJ}}$$

$$\cdot 4 \rightarrow 1 : \underline{W_{41} = 0}$$

$$Q_{41} = \Delta U_{41} = n C_v (T_1 - T_4) = 20,8 (300 - 1396,66)$$

$$= \underline{-22,8 \text{ KJ}}$$

$$\textcircled{6} \quad \eta = \left| \frac{w_{cycle}}{Q_{resque}} \right| = \left| \frac{Q_{23} + Q_{41}}{Q_{23}} \right| = \left| 1 + \frac{Q_{41}}{Q_{23}} \right|$$

$$\textcircled{7} \quad \eta = \left| 1 + \frac{(-22,8)}{42} \right| = |1 - 0,54| =$$

$$\boxed{\eta = 0,45}$$





ETU SUP.com

Programmmation
Cours
Electricité
Physique
Résumés
Analyse
Livres
Exercices
Contrôles Continus
Langues
Thermodynamique
Multimedia
Divers
Economie
Travaux Dirigés
Chimie Organique
Informatique
Optique
Chimie
Algèbre
Corrigés
Mathématiques
Mécanique
Travaux Pratiques
Droit

et encore plus..